



روشی نوین در استخراج نقشه تغییرات مکانی

نمایه های سیل در شبکه آبراهه ها

بهرام تقفیان^۱ و علیرضا اسلامی^۲ باقر قرمز چشمه^۳

چکیده

از نیازهای اساسی در طراحی سازه های آبی، پهنه بندی سیل، تثبیت سواحل رودخانه ها و عملیات آبخیزداری، برآورد دبی حداکثر لحظه ای جریان با دوره بازگشت های مختلف می باشد. در این خصوص تعمیم تحلیل های منطقه ای سیلاب با استفاده از داده های دبی ثبت شده در ایستگاه های آبنسجی به نقاط فاقد آمار از اهمیت خاصی برخوردار است. تغییرات مکانی متغیرهای هیدروژئومورفیک بویژه مساحت زهکشی به عنوان عامل اصلی در مدل های منطقه ای دبی اوج سیلاب مشارکت دارد، به کمک قابلیت های پیشرفته GIS می توان توزیع مکانی این متغیرها را در سطح حوزه استخراج نمود. بنابراین از جنبه نظری می توان با در دست داشتن نقشه های توزیع مکانی عوامل مؤثر در تحلیل منطقه ای، روابط حاصل را با نوع میانگین گیری به شبکه آبراهه ها تعمیم داد. توجه ویژه این مقاله به نقش سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در پیاده سازی روابط منطقه ای، تهیه نقشه های سیل و نیز استخراج نیمرخ طولی تغییرات دبی سیل (منحنی تغییرات دبی بازای مسافت) در شبکه رودخانه ها، معطوف گردیده است. به عبارتی چگونگی تعمیم مکانی نتایج تحلیل منطقه ای سیلاب در ایستگاه های آبنسجی دارای آمار به نقاط شبکه اصلی آبراهه های حوزه بصورت پیوسته مکانی، مسئله اساسی این پژوهش می باشد.

بدین منظور با انتخاب ۲۲ حوزه آبخیز واقع در محدوده استان گیلان و استفاده از جدیدترین بررسی های تحلیل منطقه ای سیلاب در این ناحیه، روش تعمیم مکانی بکار گرفته شد. ابتدا عوامل مؤثر در

روابط منطقه ای نظیر مساحت و شیب حوزه بر اساس مدل ارتفاعی رقومی (DEM) و بارندگی متوسط سالیانه بر مبنای داده های بارانسنجی، بصورت نقشه های رستری استخراج گردید. سپس در محیط GIS برنامه ای به زبان شیء گرا با به کارگیری نرم افزار Arc View نوشته شد. با استفاده از برنامه مذکور و بر اساس روندنمای هدایت جریان (D8)، سلول های بالادست که به یک سلول خاص (هدف) تجمع می یابند، شناسایی گردید. در نتیجه با محاسبه عامل شیب و بارندگی تک تک سلول های بالادست سلول هدف، متوسط این عامل ها برای سلول هدف به صورت خودکار استخراج شد. با پیاده سازی روابط منطقه ای برای هر سلول از شبکه آبراهه، دبی سیل از نقاط موجود ایستگاه ها به کلیه شبکه رودخانه ها تعمیم داده شد. بر این اساس نقشه های پایه سیل در دوره بازگشت های مختلف برای حوزه های آبخیز مورد نظر، تهیه گردید. با استفاده از این نقشه ها، منحنی های تغییرات دبی در مسیر شبکه آبراهه ها بدست آمد. در نهایت با توجه به موقعیت مکانی سلول های واقع در آبراهه، میزان تأثیر و درصد مشارکت هر یک از عوامل در ایجاد دبی سیل، مورد بررسی قرار گرفت. از نتایج این پژوهش می توان در تهیه نقشه های پایه سیل و برآوردهای هیدرولوژیک مورد نیاز در طراحی سازه های هیدرولیکی و پروژه های کنترل سیل استفاده نمود.

واژه های کلیدی: تحلیل منطقه ای سیل، مدل ارتفاعی رقومی، جریان نجمی، GIS، تعمیم مکانی

مقدمه

در مهندسی آب شناختی، شناخت و تحلیل تغییرات مکانی بارش، تلفات هیدرولوژیک، رواناب سطحی و رسوب از نیازهای اساسی محسوب می شود. با توجه به حجم وسیع داده ها و پیچیدگی فرآیندها، تحلیل های مکانی در آب شناختی نیازمند توسعه روشهای مبتنی بر قابلیت های نرم افزاری است. سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در سالهای اخیر به منظور ذخیره، مدیریت و اجرای تحلیل های مکانی مورد توجه مهندسی آب شناختی قرار دارد. از آنجا که تحلیل منطقه ای سیلابها با توزیع مکانی عوامل مؤثر روبرو می باشد، نقش و توانمندی بکارگیری GIS در توسعه مدل های منطقه ای کاملاً طبیعی است.

سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS) بستری مناسب جهت پردازش و مدیریت داده ها و تعمیم پیوسته مکانی مدل های منطقه ای

۱- دانشیار پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

Saghafian@Scwmri.ac.ir ص.پ. ۱۱۳۶-۱۳۴۴۵

۲- کارشناس ارشد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

Eslami_ar@Scwmri.ac.ir

۳- کارشناس ارشد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

Ghermez_b@Scwmri.ac.ir

آبراهه‌ها به صورت پیوسته به بالادست حوزه‌ها انتقال داده شد. تلوری و اسلامی [۳] روش‌های تحلیل منطقه‌ای سیلاب را در دو منطقه خزر شرقی و غربی بر مبنای عامل‌های فیزیوگرافی و هیدرولوژیکی مورد بررسی قرار دادند. پس از تعیین همگنی هیدرولوژیکی حوزه‌ها، آنها نشان دادند که عامل‌های مساحت، شب متوسط وزنی، ارتفاع متوسط، طول آبراهه اصلی، تراکم زهکشی و بارندگی متوسط سالیانه حوزه، روابط همبستگی مناسبی با دبی‌های حداکثر لحظه‌ای در دوره بازگشت‌های مختلف دارند. در این میان مهمترین عامل در تولید جریان سیلابی، متغیر مساحت حوزه تعیین گردید. علاوه بر این به منظور برآورد سیل و تحلیل منطقه‌ای آن در نقاط مختلف ایران، برخی از پژوهشگران از جمله سلاجقه [۸]، داودی راد [۶]، چاوشی [۵]، روحانی [۷]، سیف [۹] نجاتی و همکاران [۱۲]، روشهای مختلفی را مورد بررسی قرار داده و در پایان روابط متعددی را ارائه نموده‌اند.

ایتون و همکاران [۱۴] از داده‌های دبی متوسط سیلاب سالیانه ۱۴۷ ایستگاه آبنجی با مساحت حوزه بین ۶۰ تا ۱۰۰۰ کیلومترمربع به منظور تحلیل منطقه‌ای در ایالت Columbia British کشور کانادا استفاده نمودند. در این بررسی، ضریب K در رابطه منطقه‌ای برای دوره بازگشت‌های ۲، ۵ و ۲۰ ساله با استفاده از روش کریجینگ در محیط GIS درون‌یابی شد و حاصل کار بصورت نقشه‌های هم‌ضریب جریان ارائه گردید.

طباطبائی و قدوسی [۱۰] با استفاده از قابلیت سامانه اطلاعات جغرافیایی و به کارگیری نرم‌افزار ArcView و زبان برنامه نویسی شیئی گرا^۱، روش جدیدی را برای ترسیم خودکار شبکه آبراهه‌ها در حوزه آبخیز امامه پیاده نمودند. از محاسن تولید نقشه شبکه آبراهه‌ها، تطبیق کامل آنها با الگوی جهت جریان آب می‌باشد. محمدی [۱۱] با بررسی دبی جریانهای کم در برخی از حوزه‌های گیلان با پیاده‌سازی روابط منطقه‌ای به کمک GIS نقشه‌های رستری کم‌آبی با تداومهای ۱۰ تا ۱۸۰ روزه را در دوره بازگشت‌های مختلف تهیه نمود.

تغییرات مکانی عامل‌های هیدروژئومورفیک و دیگر عوامل تحلیل منطقه‌ای از جمله مساحت حوزه، شیب، بارش و پوشش گیاهی تأثیر قابل توجهی در ایجاد جریان سیلاب حداکثر دارند، به گونه‌ای که در اکثر روابط منطقه‌ای، مساحت زهکشی حوزه بالادست به عنوان یکی از عوامل مهم شناخته شده است. با توجه به آن که تغییرات عامل مساحت زهکشی تحت عنوان جریان تجمعی (تعداد سلول‌های زهکش شده به سلول هدف) با کمک GIS قابل استخراج می‌باشد. بنابراین تعمیم مکانی مدل‌های منطقه‌ای متکی بر عامل مساحت زهکشی قابل انجام است [۱، ۴]. علاوه بر این امکان استخراج توزیع مکانی سایر عوامل نیز در بستر GIS امکان‌پذیر می‌باشد. پژوهش‌های قبلی بکارگیری GIS را در محدوده استخراج

دبی جریان سیلابی می‌باشد. به عبارتی با توجه به قابلیت تلفیق تحلیل‌های مکانی داده‌های آبنجی و تهیه نقشه‌های نمایه هیدروژئومورفیک در محیط GIS، امکان بررسی تغییرات دبی جریان بصورت نقطه‌ای از محل ایستگاههای آبنجی به کلیه شبکه رودخانه‌ها و آبراهه‌ها وجود دارد. روش ارائه شده در این مقاله به عنوان روشی نوین در پیاده‌سازی روابط منطقه‌ای سیل است که با استفاده از قابلیت‌های GIS منجر به استخراج نقشه‌های پایه سیل گردیده است. بنابراین بررسی منابع پژوهشی فقط در خصوص تحلیل منطقه‌ای سیل و یا شاید در ارتباط با کاربردهای GIS می‌باشد.

ریجز [۱۶] با استفاده از عوامل مساحت حوزه، شیب آبراهه اصلی، درصد مساحت پوشیده از دریاچه یا تالاب، بارندگی متوسط سالیانه، رواناب متوسط سالیانه و بارندگی ۲۴ ساعته، تحلیل منطقه‌ای سیلاب را در نواحی کوهستانی ایالات متحده آمریکا انجام داد. وی نتیجه گرفت که مساحت حوزه مهمترین عامل مؤثر بر سیلاب می‌باشد. پس از آن شیب آبراهه اصلی و بارندگی متوسط سالیانه از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند.

مور [۱۵] در پژوهش خود از مدل‌های منطقه‌ای معادله‌های همبستگی برای حوزه‌های آبخیز بریتانیا استفاده کرد. وی همچنین روش حداکثر درست‌نمایی را بمنظور برآورد عامل‌های توزیع تناوب سیل بکاربرد و نتیجه گرفت که ترکیب این دو روش، مدل مناسبی برای برآورد سیل در حوزه‌های فاقد آمار بریتانیا می‌باشد.

استیمی و هس [۱۷] روش‌های مختلف برآورد دبی‌های سیلابی با دوره‌های بازگشت مختلف را برای رودخانه‌های ایالت جورجیا در آمریکا بکار بردند. آنان جهت تحلیل منطقه‌ای سیلاب از آمار ۴۲۶ ایستگاه آبنجی موجود در منطقه استفاده کردند. در این بررسی با استفاده از روش تحلیل معادله همبستگی خطی چندمتغیره بین عامل‌های فیزیکی و اقلیمی حوزه با دبی‌های سیلابی حاصل از توزیع احتمالی پیرسون تپ ۳، مدل‌های برآورد دبی سیلاب منطقه‌ای ارائه گردید. این پژوهش نیز نشان داد که مساحت حوزه مؤثرترین متغیر مرتبط با دبی سیلاب می‌باشد.

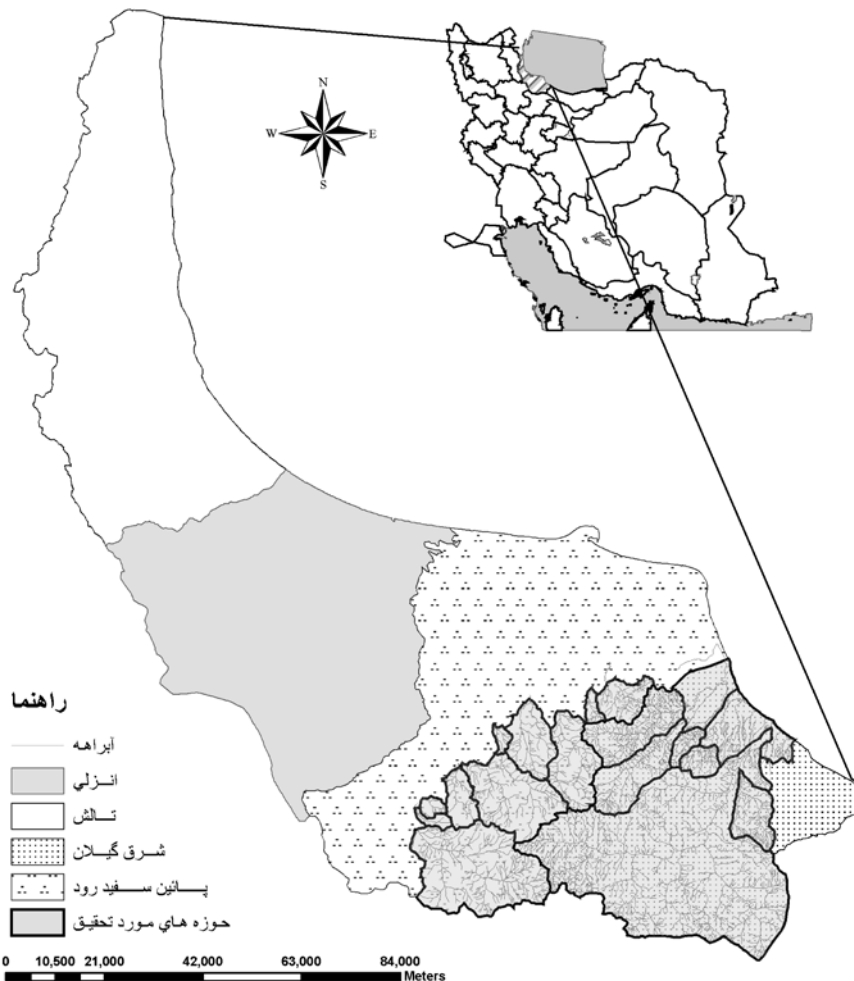
دجونگ و همکاران [۱۳] به کمک قابلیت‌های GIS مدلی را برای برآورد خسارت‌های سیلاب در منطقه وسیعی از رودخانه موس (Meuse) در جنوب هلند بکار بردند. این مدل با استفاده از عکسهای هوایی مربوط به سیلاب دسامبر ۱۹۹۳ و نقشه‌های سیل مربوطه با دبی مشخص ارزیابی شد. واسنجی مدل نیز برای رودخانه مذکور با استفاده از داده‌های مرتب شده خسارت مربوط به سیل دسامبر ۱۹۹۳ انجام شد.

اسلامی و ثقفیان [۱] تعمیم مکانی مدل منطقه‌ای جریان مبتنی بر مساحت حوزه را به شبکه آبراهه‌ها، با استفاده از قابلیت‌های GIS برای حوزه‌های آبخیز شمال کشور انجام دادند. در این پژوهش به کمک نمایه‌های هیدروژئومورفیک نظیر جهت جریان و جریان تجمعی، دبی سیلاب دو ساله از نقاط ایستگاه‌ها در مسیر شبکه

مواد و روشها

منطقه مورد نظر از نظر موقعیت جغرافیایی در حد فاصل رشته کوههای البرز و دریای خزر و در بین طولهای ۳۲، ۴۸ تا ۳۳، ۵۰ شرقی و عرضهای ۳۳، ۳۶ تا ۲۹، ۳۸ شمالی واقع شده است. حوزه‌های آبخیز انتخابی در ناحیه خزر غربی واقع شده است که وسعتی معادل ۱۳۰۰۰ کیلومتر مربع را شامل می‌شوند. حداقل مساحت زهکشی حوزه بالادست ایستگاه‌های آبنجی با رژیم طبیعی جریان، ۳۴ کیلومتر مربع مربوط به ایستگاه علوی کلا بر روی رودخانه کنس رود و حداکثر آن معادل ۱۶۵۴ کیلومتر مربع مربوط به ایستگاه بابل بر روی رودخانه بابلرود می‌باشد. با بررسی وضعیت آماری ۵۴ ایستگاه آبنجی واقع در خروجی حوزه‌های آبخیز منطقه، ۲۲ ایستگاه در دوره آماری ۳۰ ساله (۱۳۴۷ تا ۱۳۷۷) به عنوان ایستگاه‌های دارای آمار مناسب انتخاب گردیده است [۴، ۲، ۱] موقعیت جغرافیایی حوزه‌های آبخیز منطقه در شکل (۱) نشان داده شده است.

نقشه‌های اولیه و پایه گزارش کرده‌اند و به طور عملی GIS در تهیه نقشه تغییرات پیوسته دبی سیل نقشی نداشته است. به عبارتی تا بحال پیاده سازی روابط منطقه ای چند متغیره با توجه به عوامل مذکور که خود منجر به تهیه نقشه‌های رستری پایه سیل می‌گردد، در مقاله‌های پژوهشی موجود گزارش نشده است. هدف اصلی این پژوهش ارایه و بکارگیری روش تعمیم نتایج تحلیل منطقه ای سیلاب (روابط چند متغیره) به کلیه نقاط در امتداد شبکه اصلی آبراهه‌های منطقه بصورت پیوسته می‌باشد. در این مقاله روشی نوین برای پیاده سازی روابط منطقه ای سیلاب (چند متغیره) در شبکه آبراهه‌ها ارایه شده است، بنحوی که امکان برآورد دبی در هر سلول آبراهه از نقشه پایه دبی سیل وجود خواهد داشت. در نتیجه با استخراج منحنی‌های تغییرات دبی، میزان مشارکت و درصد تأثیر هر یک از عوامل حوزه ای در ایجاد دبی سیلابی، قابل تحلیل و بررسی است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه‌های آبخیز منطقه پژوهش

در این پژوهش از بین روش‌های مختلف تحلیل منطقه‌ای سیلاب، روش‌های متداول نمایه سیل و معادله همبستگی چند متغیره مورد بررسی قرار گرفته است. از آنجا که هدف اصلی این پژوهش بکارگیری روش تعمیم نتایج تحلیل منطقه‌ای سیلاب و استخراج نقشه تغییرات مکانی نمایه‌های سیل در محیط GIS می‌باشد، بنابراین از روابط منطقه‌ای بدست آمده در پژوهش‌های

اخیر تلوری و اسلامی [۳]، ثقفیان و همکاران [۴] و اسلامی و ثقفیان [۲] که مربوط به منطقه مورد بررسی این مقاله است، استفاده گردید. جداول (۱) و (۲) روابط منطقه‌ای مورد نظر را در دو روش نمایه سیل و معادله همبستگی چند متغیره با سطح معنی‌داری کمتر از ۱ درصد، نشان می‌دهند.

جدول ۱- روابط منطقه‌ای دبی دوساله با مساحت به روش نمایه سیل

| منبع | خطای استاندارد | ضریب معادله همبستگی | رابطه منطقه‌ای سیلاب |
|-------------------------|----------------|---------------------|-------------------------------------------------|
| ثقفیان و همکاران (۱۳۸۴) | ۰/۲ | ۰/۸۵ | $\text{Log } Q_2 = 1.052 \text{Log } A - 0.538$ |
| ثقفیان و همکاران (۱۳۸۴) | ۰/۱۸ | ۰/۸۹ | $Q_2 = 0.1442 A + 12.16$ |

جدول ۲- روابط دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب به روش معادله همبستگی چند متغیره

| منبع | خطای استاندارد | ضریب معادله همبستگی | رابطه منطقه‌ای سیلاب |
|---------------------------|----------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| اسلامی و ثقفیان (زیر چاپ) | ۰/۱۴ | ۰/۹۳ | $Q_2 = 10^{-6} \times A^{0.827} P^{2.354} S^{-0.885}$ |
| اسلامی و ثقفیان (زیر چاپ) | ۰/۱۷ | ۰/۸۷ | $Q_5 = 1.137 \times 10^{-4} A^{0.69} P^{1.859} S^{-0.903}$ |
| اسلامی و ثقفیان (زیر چاپ) | ۰/۱۹ | ۰/۸۲ | $Q_{10} = 1.361 \times 10^{-3} A^{0.628} P^{1.568} S^{-0.863}$ |
| اسلامی و ثقفیان (زیر چاپ) | ۰/۲۲ | ۰/۷۵ | $Q_{25} = 0.02 \times A^{0.565} P^{1.239} S^{-0.801}$ |
| تلوری و اسلامی (۱۳۸۲) | ۰/۰۴ | ۰/۹۸ | $Q_{50} = 10^{-1.09} \times A^{1.293} P^{1.289} S^{-0.776} D^{0.24} L^{-1.548}$ |
| تلوری و اسلامی (۱۳۸۲) | ۰/۰۵ | ۰/۹۷ | $Q_{100} = 10^{-0.36} \times A^{1.284} P^{1.086} S^{-0.754} D^{0.26} L^{-1.545}$ |

Y_T : دبی حداکثر لحظه‌ای سیل با دوره بازگشت T ساله هر سلول (R, C)

R, C: به ترتیب شماره ردیف و ستون هر سلول آبراهه

V_1 تا V_m : متغیرهای مستقل رابطه منطقه‌ای

K: ضریب رابطه منطقه‌ای

a_1 تا a_m : توانهای رابطه منطقه‌ای

به طور عام یکی از متغیرهای مستقل رابطه (۱) مساحت زهکشی حوزه (A) می‌باشد. نکته قابل توجه آن است که متغیرهای مستقل (V) باید در سطح زهکشی مربوط به هر سلول میانگین‌گیری شوند. در محیط سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و نرم‌افزارهای مربوطه نظیر ArcView امکان محاسبه تجمعی سطح زهکشی سلول‌های بالادست برای سلول هدف، با توجه به روندنماهای خاصی وجود دارد. اما این نوع میانگین‌گیری مکانی بصورت پیوسته برای سایر عامل‌های حوزه‌ای و اقلیمی نظیر شیب و بارندگی

در این جداول، Q_2 تا Q_{100} دبی جریان حداکثر لحظه‌ای ۲ ساله تا ۱۰۰ ساله برحسب مترمکعب بر ثانیه، A مساحت حوزه برحسب کیلومتر مربع، P بارندگی متوسط سالیانه حوزه به میلی‌متر، S شیب متوسط حوزه به درصد، D تراکم زهکشی برحسب کیلومتر به کیلومتر مربع و L طول آبراهه اصلی به کیلومتر می‌باشد.

از سویی دیگر پس از تهیه نقشه‌های مدل ارتفاعی رقومی حوزه‌ها به کمک نرم‌افزار Arc View و با حذف مناطق گودالی، نقشه مدل ارتفاعی رقومی تصحیح شده تهیه شد. به منظور پیاده‌سازی روابط منطقه‌ای به هر سلول شبکه آبراهه، استخراج نقشه سلولی جریان تجمعی یا مساحت زهکشی، حایز اهمیت است. بعنوان مثال چنانچه روابط منطقه‌ای از نوع ساده توانی چند متغیره باشد، در آن صورت در محل خروجی حوزه

$$Y_T(R,C) = K [V_1(R,C)]^{a_1} [V_2(R,C)]^{a_2} \dots [V_m(R,C)]^{a_m} \quad (۱)$$

که در آن:

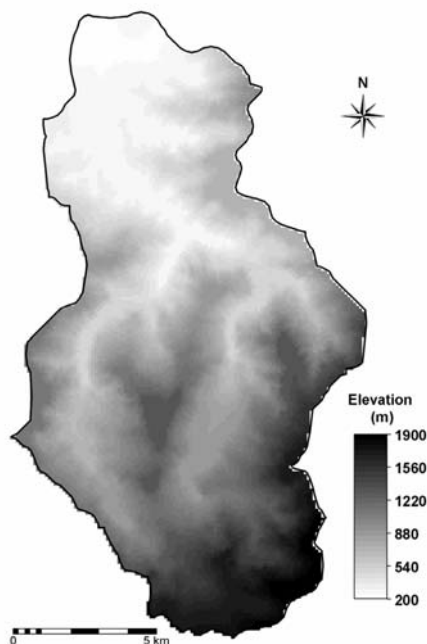
بر اساس مدل‌های منطقه‌ای تهیه گردید. سپس با استفاده از این نقشه‌ها، منحنی‌های تغییرات دبی (بدون بعد) مبتنی بر عوامل مساحت، شیب و یا بارندگی در مسیر شبکه آبراهه‌ها استخراج گردید. در نهایت با توجه به موقعیت مکانی سلول‌های واقع در آبراهه، میزان تأثیر و درصد مشارکت هر یک از عوامل در ایجاد دبی سیل و کارایی روش‌های تحلیل منطقه‌ای، مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

کمیت‌های ریخت‌سنجی برخی از حوزه‌های انتخابی که به کمک نرم‌افزار Arc View استخراج گردیده به عنوان نمونه در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۳- کمیت‌های ریخت‌سنجی تعدادی از حوزه‌های آبخیز منطقه

| نام حوزه آبخیز | مساحت حوزه (km ²) | محیط حوزه (km) | طول حوزه (km) | ارتفاع متوسط (m) | شیب متوسط (%) | تراکم زهکشی (km/km ²) | طول آبراهه اصلی (km) | شیب متوسط آبراهه (%) |
|----------------|-------------------------------|----------------|---------------|------------------|---------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|
| هشپهر | ۵۸۶/۴ | ۱۲۲ | ۳۴/۴ | ۱۳۸۵ | ۳۲/۱ | ۱/۴ | ۲۸/۰ | ۷/۱۷ |
| زیلکی رود | ۲۴۴/۲ | ۷۶/۵ | ۲۴/۷ | ۹۰۴ | ۳۵/۱ | ۰/۹ | ۳۴/۴ | ۷/۲ |
| صفارود | ۱۱۷/۴ | ۴۸/۲ | ۱۸/۵ | ۱۵۴۹ | ۲۹/۹ | ۰/۴ | ۱۹/۳ | ۱۴/۱ |
| شمروود | ۱۶۲/۴ | ۶۲/۵ | ۲۲/۰ | ۸۵۸ | ۳۳/۱ | ۱/۱ | ۴۸/۱ | ۳/۷ |
| خطبه سرا | ۶۷/۵ | ۴۵/۴ | ۱۷/۵ | ۴۴۵ | ۳۷/۶ | ۱/۷ | ۲۰/۱ | ۱۰/۹ |
| سموش | ۱۰۰/۹ | ۴۷/۳۲ | ۲۵ | ۱۲۳۳ | ۴۳/۳ | ۰/۲۴ | ۲۰/۲ | ۱۶/۹ |



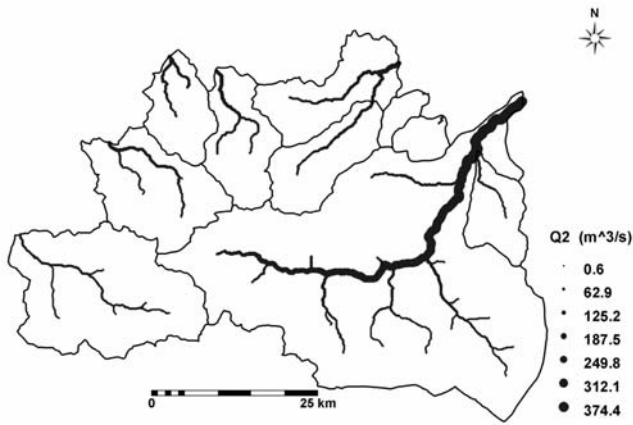
شکل ۲- نقشه مدل ارتفاعی رقومی اصلاح شده (Filled DEM) حوزه آبخیز شمروود

متوسط سالیانه به صورت خودکار برای هر سلول، در سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی استاندارد و تجاری وجود ندارد و باید برنامه ویژه‌ای برای آن توسعه یابد. بنابراین در محیط GIS برنامه‌ای به زبان شیپ گرا، با به کارگیری نرم‌افزار ArcView نوشته شد. با استفاده از برنامه مذکور و بر اساس روند نمای هدایت جریان (D8) سلول‌های بالادست که به یک سلول خاص (هدف) تجمع می‌یابند، شناسایی گردید. سپس با محاسبه عامل شیب یا بارندگی تک تک سلول‌های بالادست سلول هدف، متوسط این عامل‌ها برای سلول هدف به صورت خودکار استخراج شد. به این ترتیب علاوه بر محل ایستگاه‌های آبخیز، روابط منطقه‌ای برای هر سلول از شبکه آبراهه به صورت پیوسته مکانی تعمیم داده شد. در نتیجه نقشه‌های پایه سیل در دوره بازگشت‌های مختلف برای حوزه‌های آبخیز موردنظر،

بمنظور رعایت اختصار، نتایج انجام پژوهش برای یکی از حوزه‌های منطقه بنام حوزه آبخیز شمروود با مختصات جغرافیایی محل ایستگاه ۵۲، ۴۹ طول شرقی و ۰۷، ۳۷ عرض شمالی ارایه گردیده است. اشکال (۲) و (۳) به ترتیب نقشه مدل ارتفاعی رقومی تصحیح شده و نقشه جریان تجمعی را برای حوزه آبخیز نمونه (شمروود) نشان می‌دهند.

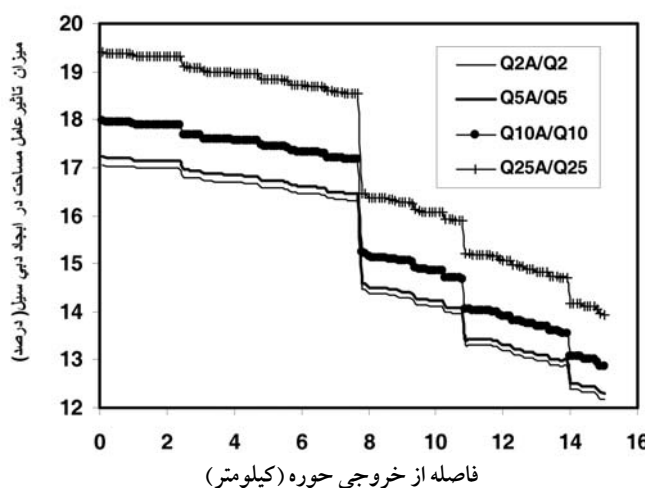
با در دست داشتن نقشه تغییرات جریان تجمعی در امتداد شبکه آبراهه‌ها، مدل دبی - مساحت (جدول ۲) در محیط GIS به داخل شبکه آبراهه‌ها بطور پیوسته انتقال داده شد. در نتیجه نقشه شبکه سلولی دبی حداکثر لحظه‌ای جریان دو ساله، برای حوزه نمونه مطابق شکل (۴) استخراج گردید. به همین ترتیب نیز نقشه دبی دو ساله برای حوزه‌های آبخیز مجاور (حوزه‌های شرقی گیلان) مطابق شکل (۵) تهیه شد.

به منظور بررسی درصد مشارکت یا میزان تأثیر هر یک از عوامل در ایجاد دبی سیلابی برای دوره بازگشت‌های مختلف، نمودار تغییرات دبی بدون بعد مبتنی بر عوامل مساحت، شیب و یا بارندگی (جدول ۳) نسبت به فاصله از خروجی حوزه در دو حالت به تفکیک

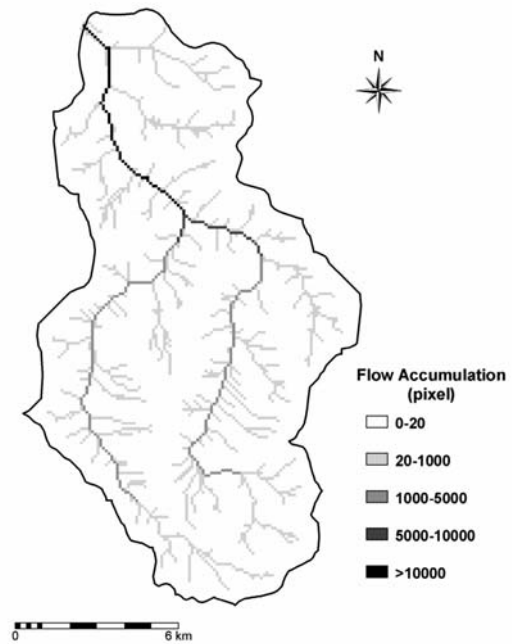


شکل ۵ - نقشه منطقه ای دبی حداکثر لحظه ای جریان با دوره بازگشت دو ساله در حوزه های آبخیز مجاور

به منظور تحلیل دقیق تر از میزان مشارکت عوامل در ایجاد دبی سیلاب با دوره بازگشت های مختلف، درصد تاثیر هر یک از این عوامل با توجه به موقعیت مکانی سلول داخل شبکه آبراهه در بالادست و پایین دست حوزه در جدوه (۴) آورده شده است. بر اساس جدول (۴) ملاحظه می گردد که میزان مشارکت عوامل در بالادست حوزه نسبت به پایین دست آن در دوره بازگشت های مختلف تفاوت می کند. به نحوی که تأثیر عامل بارندگی در ایجاد دبی سیل در پایین دست نسبت به بالادست حوزه از ۷۰/۳ تا ۷۴/۳ درصد و از ۶۱/۶ تا ۶۵/۶ درصد به ترتیب برای دوره بازگشت های دو ساله و بیست و پنج ساله افزایش نشان می دهد. همین طور تأثیر عامل شیب در پایین دست نسبت به بالادست حوزه از ۱۲/۵ تا ۱۳/۵ درصد و از ۱۸/۹ تا ۲۰/۴ درصد روند افزایشی دارد. اما در مورد عامل مساحت برعکس از ۱۷ به ۱۲/۱ درصد و از ۱۹/۴ به ۱۳/۹ درصد تأثیر کاهش می یابد.

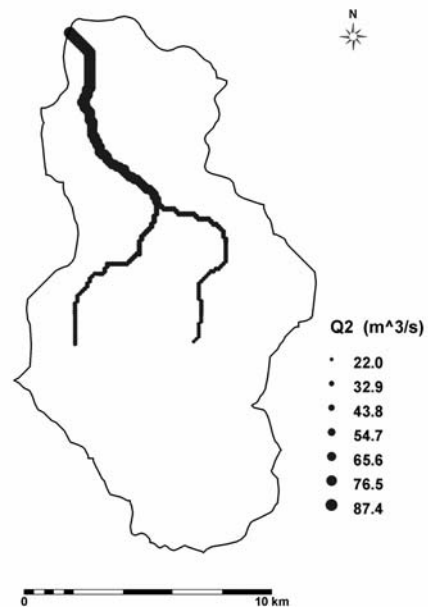


شکل ۶ - نمودارهای درصد تأثیر عامل مساحت در ایجاد دبی با دوره بازگشت های مختلف نسبت به فاصله از خروجی حوزه شمرد

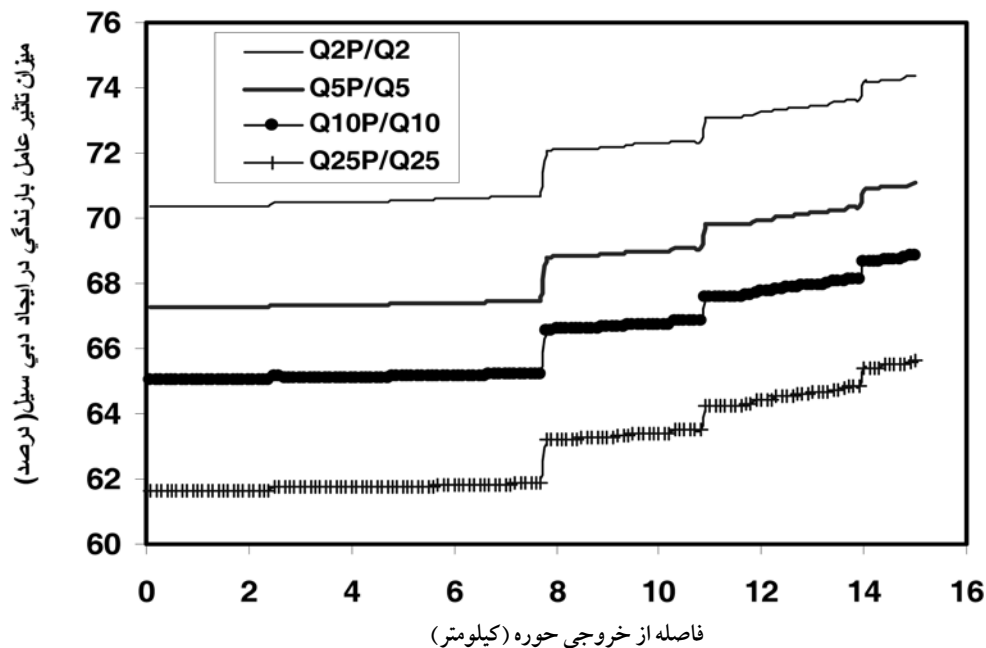


شکل ۳ - نقشه جریان تجمعی (Flow Accumulation) حوزه آبخیز شمرد

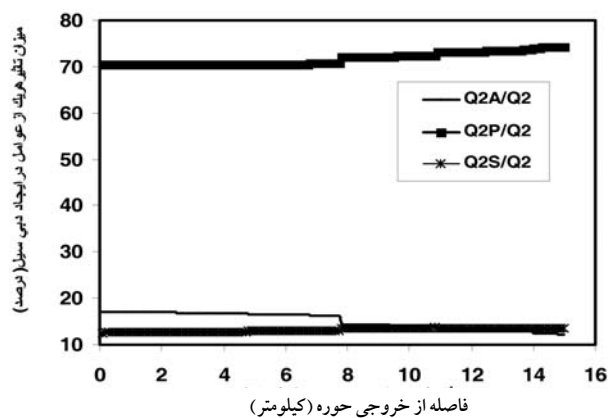
در اشکال ۶ تا ۸ و توأم در اشکال ۹ تا ۱۲، بعنوان نمونه برای حوزه شمرد آورده شده است. منظور از دبی بدون بعد نسبت دبی حاصل از متغیرهای مساحت، شیب و یا بارندگی بطور تک عاملی در هر سلول آبراهه به دبی حاصل از هر سه عامل در خروجی حوزه با دوره بازگشت T ساله مورد نظر می باشد. در این ارتباط برای عامل مساحت (QTA/QT)، برای شیب (QTS/QT) و برای بارندگی (QTP/QT) نشان داده شده است.



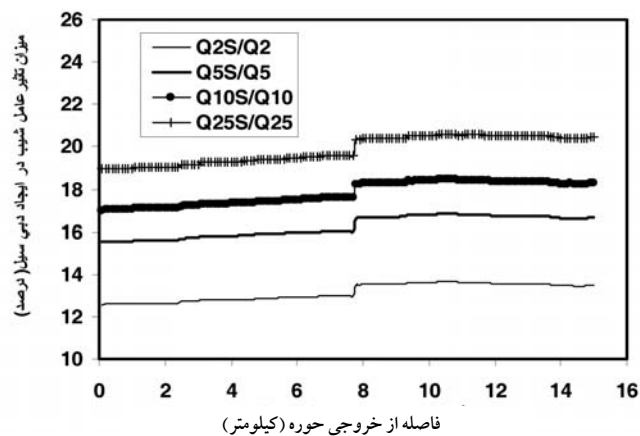
شکل ۴ - نقشه ای دبی حداکثر لحظه ای جریان با دوره بازگشت دو ساله حوزه آبخیز شمرد (پهنای آبراهه متناسب با دبی می باشد)



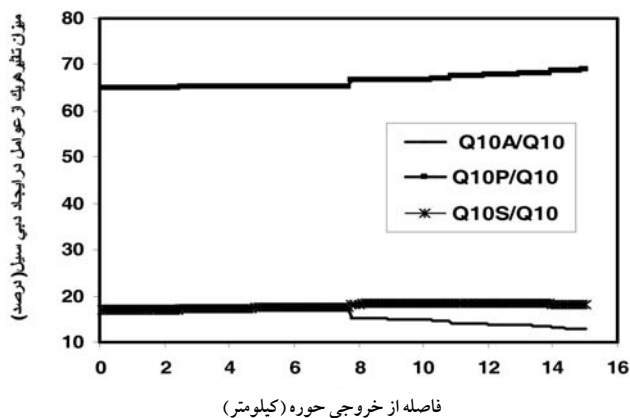
شکل ۷- نمودارهای درصد تأثیر عامل بارندگی در ایجاد دبی با دوره بازگشت های مختلف نسبت به فاصله از خروجی حوزه شمرود



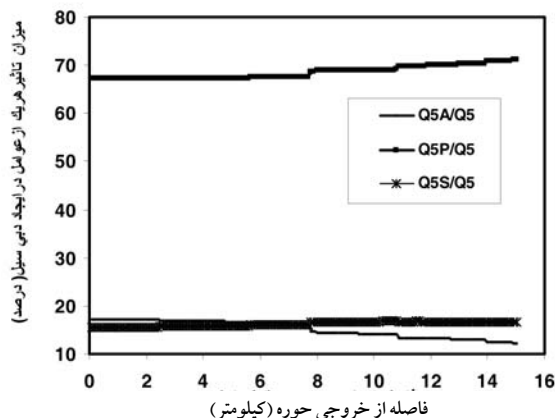
شکل ۹- نمودارهای درصد تأثیر هر یک از عوامل در ایجاد دبی با دوره بازگشت دو ساله نسبت به فاصله از خروجی حوزه شمرود



شکل ۸- نمودارهای درصد تأثیر عامل شیب در ایجاد دبی با دوره بازگشت های مختلف نسبت به فاصله از خروجی حوزه شمرود



شکل ۱۱- نمودارهای درصد تأثیر هر یک از عوامل در ایجاد دبی با دوره بازگشت ده ساله نسبت به فاصله از خروجی حوزه شمرود



شکل ۱۰- نمودارهای درصد تأثیر هر یک از عوامل در ایجاد دبی با دوره بازگشت پنج ساله نسبت به فاصله از خروجی حوزه شمرود

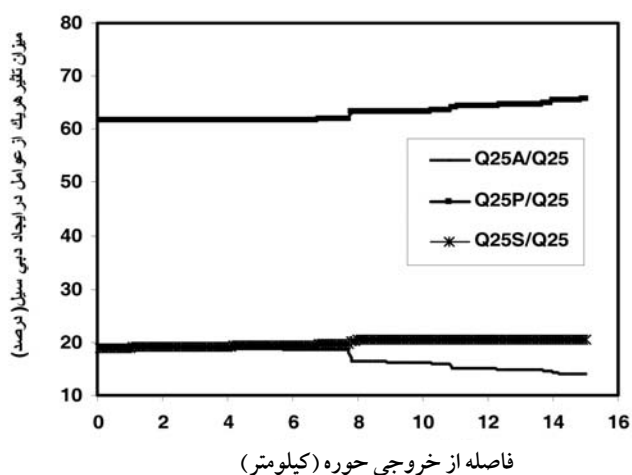
جدول ۴ - میزان تأثیر یا مشارکت (درصد)
هریک از عوامل در ایجاد دبی سیلاب با دوره بازگشت مختلف

| میزان تأثیر یا مشارکت (درصد) | | نوع متغیر (عامل) حوزه | دوره بازگشت (سال) |
|------------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------|
| بالادست (سرشاخه) | پایین دست (خروجی حوزه) | | |
| ۱۲/۱ | ۱۷ | مساحت | ۲ |
| ۷۴/۳ | ۷۰/۳ | بارندگی متوسط سالیانه | |
| ۱۳/۵ | ۱۲/۵ | شیب متوسط | |
| ۱۲/۳ | ۱۷/۲ | مساحت | ۵ |
| ۷۱ | ۶۷/۲ | بارندگی متوسط سالیانه | |
| ۱۶/۶ | ۱۵/۵ | شیب متوسط | |
| ۱۲/۸ | ۱۷/۹ | مساحت | ۱۰ |
| ۶۸/۸ | ۶۵ | بارندگی متوسط سالیانه | |
| ۱۸/۲ | ۱۷ | شیب متوسط | |
| ۱۳/۹ | ۱۹/۴ | مساحت | ۲۵ |
| ۶۵/۶ | ۶۱/۶ | بارندگی متوسط سالیانه | |
| ۲۰/۴ | ۱۸/۹ | شیب متوسط | |

است. اما عامل مساحت حوزه شمرد برعکس، حدود ۳۵ درصد از مقدار متوسط منطقه ای کمتر می باشد. در نتیجه عامل بارندگی متوسط سالیانه بیشترین تأثیر را در برآورد سیلاب این حوزه دارد و عامل های شیب و مساحت حوزه به ترتیب در رتبه های بعدی از نظر اهمیت قرار دارند. از طرفی نمودارهای میزان تأثیر عوامل سه گانه مذکور به تفکیک، نشان می دهد که با افزایش دوره بازگشت نقش این عوامل

بحث و نتیجه گیری

با توجه به روابط منطقه ای چند متغیره سیل عامل هایی نظیر مساحت، شیب و بارندگی حوزه با وزن های متفاوتی در برآورد سیلاب نقش خود را نشان می دهند [۲، ۳، ۴]. بررسی منحنی های دبی بدون بعد با دوره بازگشت مختلف در طول شبکه آبراهه ها، به روش معادله همبستگی چند متغیره نشان می دهد که روند تغییرات در طول مسیر از خروجی به سمت بالادست بصورت صعودی است. اما در روش نمایه سیل با توجه با اعمال ضرایب ثابتی در هر دوره بازگشت، این روند ثابت بوده و کاربرد این روش برای زیر حوزه های بالادست نیز از دقت عمل و یا خطای یکنواختی برخوردار است. به عبارتی روش معادله همبستگی چند متغیره در برآورد عامل وابسته دبی زیر حوزه های بالادست، به خصوص در دوره بازگشت های بالاتر با حساسیت بیشتری روبرو می باشد. در نتیجه بایستی در بکارگیری این روش، به دامنه تغییرات عوامل دخیل در روابط منطقه ای توجه لازم صورت گیرد. برای حوزه های مورد پژوهش، متوسط عامل مساحت ۲۵۰/۱ کیلومتر مربع، شیب ۳۰/۳ درصد و بارندگی ۹۸۷/۹ میلی متر است. در حالیکه برای حوزه نمونه (شمرد) این پارامترها به ترتیب ۱۶۲/۴ کیلومتر مربع، ۳۳/۱ درصد و ۱۳۸۷ میلی متر می باشد. مقایسه هریک از عامل های این حوزه با مقادیر متوسط متناظر آنها در کل منطقه، نشان می دهد که عامل شیب در این حوزه حدود ۹ درصد و عامل بارندگی حدود ۴۰ درصد از مقادیر متوسط منطقه بیشتر



شکل ۱۲ - نمودارهای درصد تأثیر هریک از عوامل در ایجاد دبی با دوره بازگشت بیست و پنج ساله نسبت به فاصله از خروجی حوزه شمرد

رفته رفته بیشتر می‌گردد. نکته قابل توجه در این ارتباط آن است که منحنی تغییرات عوامل بارندگی و شیب، از خروجی حوزه به سمت بالادست دارای شیب مثبت است در صورتی که منحنی عامل مساحت دارای شیب منفی می‌باشد. به عبارتی میزان تأثیر عامل‌های بارندگی و شیب در مناطق بالادست حوزه بیشتر از مناطق پایین دست می‌باشد. اما نقش عامل مساحت بر عکس، از بالادست به سمت خروجی حوزه رفته رفته زیاده‌تر می‌شود. بنابراین علاوه بر آن که هر یک از عوامل زمینی و اقلیمی در ایجاد دبی سیلابی تأثیر ویژه‌ای دارند، میزان این تأثیر به موقعیت‌های مکانی سلول هدف واقع در شبکه آبراهه در بالادست و پایین دست حوزه (خروجی) نیز بستگی دارد.

با برآورد مقادیر جریان حداکثر لحظه‌ای در داخل شبکه آبراهه‌ها و استخراج نیمرخ‌های طولی آن در بستر GIS، می‌توان رفتار جریان سیلابی و نقاطی از مسیر رودخانه را که در ایجاد این جریان تأثیر بیشتری داشته‌اند، پیش‌بینی نمود. در نتیجه با آگاهی از میزان تأثیر هر یک از عوامل در ایجاد دبی سیلابی می‌توان شدت سیل‌خیزی زیر حوزه‌های بالادست را نیز بررسی کرد. با توجه به مراتب فوق نقش GIS در تعمیم روابط منطقه‌ای جریان در طول رودخانه و شبکه آبراهه‌های حوزه همراه با افزایش دقت محاسبات، نسبت به روش‌های دیگر نظیر درون‌یابی تا حد قابل توجهی مشخص می‌گردد.

تشکر و قدردانی

از مسئولین محترم پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور بخاطر مساعدت و فراهم نمودن امکانات مورد نیاز این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

- ۱- اسلامی، ع. و ثقفیان، ب. ۱۳۸۲. تعمیم پیوسته مکانی مدل منطقه‌ای جریان به شبکه آبراهه‌ها در بستر GIS، مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس هیدرولیک ایران، جلد دوم، دانشکده مهندسی دانشگاه شیراز.
- ۲- اسلامی، ع. و ثقفیان، ب. ۱۳۸۷. نقش عوامل مورفومتری و اقلیمی حوزه در تولید جریان‌های سیلابی، فصلنامه پژوهش و سازندگی، سازمان تحقیقات و آموزش وزارت جهاد کشاورزی.
- ۳- تلوری، ع. ر. و اسلامی، ع. ۱۳۸۲. روش‌های برآورد حداکثر لحظه‌ای سیل در حوزه‌های شمال کشور، فصلنامه پژوهش و سازندگی، شماره پی‌آیند ۵۸. ص ۲-۱۳
- ۴- ثقفیان، ب. اسلامی، ع. و غیائی، ن. ۱۳۸۴. ارائه روش استخراج دبی سیل شبکه‌های آبراهه‌ها با استفاده از تعمیم روابط منطقه‌ای در محیط GIS، گزارش طرح تحقیقاتی، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری.
- ۵- چاوشی، س. ۱۳۷۷. منطقه‌ای کردن دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب در مناطق خشک و نیمه خشک، دانشگاه صنعتی اصفهان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
- ۶- داودی راد، ع. ۱۳۷۸. بررسی روابط بین عوامل مورفومتری حوزه و دبیهای سیلابی در حوزه‌های آبخیز مرکزی

ایران، دانشگاه تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
۷- روحانی، ح. ۱۳۸۰. تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب به روش هیبرید در مناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه موردی: خراسان)، دانشگاه تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

۸- سلاجقه، ع. ۱۳۷۳. برآوردهای دبی‌های پیک سیلابی در حوزه‌های کوچک ایران، دانشگاه تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
۹- سیف، ع. ۱۳۸۰. بررسی روش ترکیبی داده‌ها در برآورد دبی سیلاب بخشی از جنوب غربی کشور، دانشگاه تربیت مدرس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

۱۰- طباطبائی، س. م. ر. و قدوسی، ح. ۱۳۸۴. روشی جدید برای ترسیم خودکار شبکه آبراهه‌ها در حوزه‌های آبخیز (حوزه آبخیز امامه) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، فصلنامه پژوهش و سازندگی، شماره پی‌آیند ۶۷.

۱۱- محمدی، س. ۱۳۸۱. تحلیل جریان‌های حداقل و توزیع مکانی روابط منطقه‌ای در بستر GIS، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

۱۲- نجاتی، آ. تلوری، ع. ر. و خوجینی، ع. و. ۱۳۸۵. مقایسه روش‌های سیل نمایه و هیبرید در تحلیل منطقه‌ای سیلاب (مطالعه موردی: حوزه آبریز کرخه)، فصلنامه دانش کشاورزی، سال شانزدهم، شماره ۱ (پیاپی ۶۱).

13- De Jong, T., Kok, M. and Hogeweg, M. 1996. Modelling floods and damage assessment using GIS, HydroGIS96: Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management (Proceedings of the Vienna Conference. IAHS Publ. no. 235, pp299-306.

14- Eaton, B., Church, M. and D. Ham. 2002. Scaling and regionalization of flood flow in British Columbia, Canada, Hydrological Processes, Vol. 16, Issue 16, pp. 3245- 3263

15- Moore, R.J. 1987. Combined regional flood frequency analysis and regression on catchment characteristics by maximum likelihood estimation. Proceedings of the International Symposium on Flood Frequency and Risk Analyses, pp.119-131

16- Riggs, H.C. 1982. Regional analysis of stream flow characteristic in: Hydrologic Analysis and Interpretation, U.S. Geological Survey, 15P.

17- Stamey, T.C. and G.W. Hess. 1993. Techniques for estimating magnitude and frequency of floods in rural basins in Georgia. USGS Water Resources Report 93-401.